

# **Ecología Química y Alelopatía: avances y perspectivas**

**Ana Luisa Anaya Lang  
Francisco J. Espinosa García  
Manuel J. Reigosa Roger  
(coordinadores)**



Primera edición: 2016

D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México

© Instituto de Ecología, UNAM  
Tercer Circuito Universitario,  
Ciudad Universitaria  
Ciudad de México, 04510

© Plaza y Valdés S. A. de C. V.  
Manuel María Contreras núm. 73, Col. San Rafael  
México, D. F. 06470. Teléfono: 5097 20 70  
coediciones@plazayvaldes.com  
www.plazayvaldes.com.mx

Plaza y Valdés Editores  
Calle Murcia, 2. Colonia de los Ángeles  
Pozuelo de Alarcón  
28223, Madrid, España.  
Teléfono: 91 812 63 15  
madrid@plazayvaldes.com  
www.plazayvaldes.es

Formación tipográfica: José Luis Castelán Aguilar

ISBN: 978-607-402-912-3

Impreso en México/*Printed in Mexico*

El trabajo de edición de esta obra fue realizado en el Taller de Edición de Plaza y Valdés ubicado en el Reclusorio Preventivo Varonil Norte. Lo anterior es posible, gracias al apoyo, confianza y colaboración de todas las autoridades del Sistema Penitenciario del Gobierno de la Ciudad de México, en especial de la Dirección Ejecutiva de Trabajo Penitenciario.

# Contenido

|  | Páginas |
|--|---------|
| <b>Prefacio</b> . . . . .  | 11      |
| <b>Agradecimientos</b> . . . . .   | 13      |
| <b>Capítulo 1</b><br>ECOLOGÍA QUÍMICA Y ALELOPATÍA: UNA INTRODUCCIÓN<br>(Chemical Ecology and Allelopathy: an Introduction)<br><i>Ana Luisa Anaya Lang</i> . . . . .   | 15      |
| <b>Capítulo 2</b><br>METABOLITOS SECUNDARIOS<br>(Secondary Metabolites)<br><i>Alma Rosa González-Esquinca, Iván de La Cruz-Chacón,<br/>Marisol Castro-Moreno</i> . . . . .   | 69      |
| <b>Capítulo 3</b><br>DEFENSAS QUÍMICAS DE LAS PLANTAS CONTRA MICROORGANISMOS<br>PATÓGENOS<br>(Plant Chemical Defenses against Microbial Pathogens)<br><i>Javier Plasencia de la Parra</i> . . . . .  | 129     |
| <b>Capítulo 4</b><br>ÁCIDOS HIDROXICINÁMICOS COMO ALELOQUÍMICOS Y SU PAPEL EN<br>LA LIGNIFICACIÓN DE LA PARED CELULAR: UN POSIBLE MECANISMO<br>DE ACCIÓN FISIOLÓGICA<br>(Hydroxycinnamic Acids as Allelochemicals and its Role in the Cell Wall<br>Lignification: A Possible Physiological Action Mechanism)<br><i>María de Lourdes Lucio Ferrarese, Wanderley Dantas Dos Santos, Rogerio<br/>Marchiosi, Rogerio Barbosa de Lima, Aline Finger-Teixeira,<br/>Oswaldo Ferrarese-Filho</i> . . . . . | 165     |

## Capítulo 5

### ANÁLISIS DE LA RIQUEZA DE METABOLITOS SECUNDARIOS DE *PERSEA* SPP., BAJO ALGUNAS HIPÓTESIS QUE PROPONEN EXPLICAR LA FUNCIÓN DE LA DIVERSIDAD FITOQUÍMICA

(Analysis of the Secondary Metabolite Richness of *Persea* spp. under Some Hypotheses Proposed to Explain the Role of Phytochemical Diversity.)

*Guadalupe Torres-Gurrola, Yolanda Magdalena García-Rodríguez, Ma. Blanca Nieves Lara-Chávez, Héctor Guillén-Andrade, Guillermo Delgado, Francisco Javier Espinosa-García* . . . . . 193

## Capítulo 6

### PAPEL DEFENSIVO E IMPLICACIONES AGROALIMENTARIAS DE LOS ALCALOIDES PIRROLIZIDÍNICOS

(Defensive Role and Agroalimentary Implications of Pyrrolizidine Alkaloids)

*Matías Reina, Omar Santana-Meridas, Liliana Ruiz-Vasquez, Mariano Higes, Azucena González-Coloma* . . . . . 291

## Capítulo 7

### ANTIFÚNGICOS DE ORIGEN VEGETAL: POTENCIAL DE LOS MISMOS EN EL CONTROL DE ESPECIES DE *FUSARIUM* CAUSANTES DE PODREDUMBRES EN CEREALES

(Potential of Antifungal Phytochemicals in the Control of *Fusarium* Species Causing Rot in Cereals)

*Diego A. Sampietro, Cristina M. Jiménez, María E. Aristimuño Ficoseco, Analía de los A. Gómez, Pamela Z. Terán Baptista, Marta A. Vattuone* . . . . . 333

## Capítulo 8

### EFFECTOS DE LA VARIACIÓN FITOQUÍMICA SOBRE LA AMPLITUD DE DIETA DE LOS INSECTOS HERBÍVOROS

(Phytochemical Variability Effects on the Diet Breadth of Herbivorous Insects)

*Claudio Meléndez-González, Francisco J. Espinosa-García* . . . . . 375

## Capítulo 9

### COMUNICACIÓN ANIMAL POR FEROMONAS: ASPECTOS BÁSICOS Y APLICADOS

(Animal Communication through Pheromones: Basic and Applied Aspects)

*Julio C. Rojas, Pablo Guerenstein* . . . . . 425

### Capítulo 10

ECOLOGÍA QUÍMICA DE Moscas de la Fruta (DIPTERA: TEPHRITIDAE)  
(Chemical Ecology of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae))

*Martín R. Aluja, Alma Rosa Altúzar-Molina, Andrea B. Birke B., V. Larissa Guillén-Conde, Rodrigo Lasa C., Carlos A. Pascacio-Villafán . . . . .* 471

### Capítulo 11

CONOCIMIENTO Y USO DE LOS SEMIOQUÍMICOS QUE MEDIAN LAS INTERACCIONES ENTRE LOS INSECTOS DESCORTEZADORES Y SUS HOSPEDEROS LAS CONÍFERAS

(Knowledge and Use of the Semiochemical Mediators of the Interactions between Bark Beetles and Their Conifer Hosts)

*Jorge E. Macías-Sámamo, Gerardo Zúñiga . . . . .* 531

### Capítulo 12

ECOLOGÍA QUÍMICA DE ESCARABAJOS AMBROSIALES XYLEBORINOS (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae): EL CASO DE *Xyleborus glabratus* Eichhoff Y *Euwallacea* sp., DOS PLAGAS INVASORAS VECTORES DE HONGOS FITOPATÓGENOS

(Chemical Ecology of Ambrosial Xyleborine Beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae); The Case of *Xyleborus glabratus* Eichhoff and *Euwallacea* sp., Two Invasive Pests Vectoring Phytopatogenic Fungi)

*Larissa Guillén . . . . .* 561

### Capítulo 13

MÉTODOS DE ELECTROFISIOLOGÍA APLICADOS AL ESTUDIO DE SEMIOQUÍMICOS EN INSECTOS

(Electrophysiological Methods Applied to the Study of Semiochemicals in Insects)

*Vieyle Cortez, Antonio J. Ortiz, José R. Verdú, Mario E. Favila . . . . .* 603

### Capítulo 14

DIVERSIDAD Y FUNCIÓN DE LOS SEMIOQUÍMICOS EN LOS ESCARABAJOS RODADORES DEL ESTIÉRCOL DE LA SUBFAMILIA SCARABAEINAE

(Diversity and Function of Semiochemical in Dung Ball Roller Beetles, Scarabaeini Subfamily)

*Mario E. Favila, Vieyle Cortez, José R. Verdú, Antonio J. Ortiz, Ángel Trigos . . . . .* 641



## Prefacio

**E**l presente libro, es el tercer volumen que surge del trabajo de divulgación en español de la ecología química y la alelopatía, realizado en los Laboratorios de Alelopatía del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en Ciudad Universitaria, Cd. de México, y de Ecología Química y Agroecología del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la UNAM, Campus Morelia, Michoacán, con el valioso apoyo del Dr. Manuel J. Reigosa Roger del Departamento de Biología de Plantas y Ciencia del Suelo, Facultad de Biología de la Universidad de Vigo, España.

La divulgación de la ciencia en el mundo se lleva a cabo primordialmente a través de revistas científicas y libros en inglés, pero en el caso del presente libro, el objetivo es divulgar en español los conocimientos y avances de algunas disciplinas de la ecología química que se estudian e investigan en Instituciones de América Latina y España. Este libro está dirigido a investigadores, profesores y alumnos de licenciatura y posgrado de los países de habla hispana en su propio idioma, el tercero más hablado en el mundo, para facilitar el conocimiento científico y despertar en ellos el interés por la ecología química.

Durante las últimas décadas se han logrado avances significativos en diversos campos, tanto de la ecología química como de la alelopatía. Actualmente se reconoce ampliamente que la comunicación entre animales, plantas y microorganismos es un proceso vital que se realiza comúnmente por medio de señales químicas, principalmente metabolitos que se producen a través de vías metabólicas secundarias derivadas de las vías primarias. Estas señales van de los productores de las mismas a los receptores de éstas, e inducen diversas respuestas en los organismos implicados en las interacciones. Existe una enorme cantidad y variedad de estos metabolitos secundarios, muchos de los cuales tienen una función primaria, y pueden actuar como defensas contra los enemigos, por ejemplo herbívoros o patógenos; pueden actuar como atrayentes,

señales de peligro, marcadores de territorios, señales de presencia de alimentos o presas, depredadores o parejas con quien aparearse, mediadores de interacciones con competidores y mutualistas y como defensas contra el estrés abiótico. Considerando que aún están por descubrirse y caracterizarse muchísimos metabolitos secundarios más, sin duda existe un vasto panorama de investigación sobre su papel ecológico ya que cada día, se descubren nuevas relaciones donde están involucrados todo tipo de organismos, plantas, animales y microorganismos, en ambientes naturales, acuáticos y terrestres, y en ambientes agropecuarios. Nuestro conocimiento sobre los papeles que pueden desempeñar los metabolitos secundarios nos permite entender actualmente la sutileza y la escala de sus efectos, los cuales pueden atravesar los niveles tróficos, esparcirse a través del ecosistema e incluso afectar procesos globales. Como podrá observarse en la lectura de los diversos capítulos de este libro, la ecología química y la alelopatía están relacionadas con muy diversas ciencias como ecología, evolución, fisiología, bioquímica, fitopatología, química de productos naturales y etología, entre otras; además se apoyan en las modernas tecnologías de la genómica, transcriptómica, proteómica y metabolómica.

El Capítulo 1 ofrece un panorama de los diversos aspectos de la ecología química y la alelopatía. Los subsecuentes capítulos tratan diferentes temas indispensables para comprender otros campos particulares de la ecología química y la alelopatía. El Capítulo 2 presenta un amplio panorama sobre el conocimiento de los metabolitos secundarios; el Capítulo 3 puntualiza lo relativo a las defensas químicas de las plantas contra los microorganismos patógenos; el Capítulo 4 habla del conocimiento sobre los ácidos hidroxicinámicos como aleloquímicos y de su papel en la lignificación de la pared celular como un probable mecanismo de acción defensivo; el Capítulo 5 analiza la riqueza de metabolitos secundarios de especies de *Persea* bajo algunas hipótesis que pretenden explicar la función de la diversidad química relacionada con la defensa de las plantas contra plagas y enfermedades; el Capítulo 6 aborda el papel defensivo y las implicaciones agroalimentarias de los alcaloides pirrolizidínicos; el Capítulo 7 expone el tema del potencial de algunos antifúngicos de origen vegetal en el control de especies de *Fusarium* causantes de podredumbre en los cereales; el Capítulo 8 revisa el papel de la variación fitoquímica sobre las hipótesis que proponen explicar la amplitud de dieta de los insectos herbívoros. El Capítulo 9 se ocupa de exponer el amplio tema de los aspectos básicos y aplicados de las feromonas y de su papel ecológico en la comunicación entre animales; el Capítulo 10 presenta una amplia revisión sobre la ecología química de las Moscas de la Fruta (Tephritidae), basada en especies consideradas como plagas de importancia económica; el Capítulo 11 se refiere al conocimiento y uso de los semioquímicos intermediarios en las interacciones entre los insectos descortezadores y las coníferas



## PREFACIO

hospederas; el Capítulo 12 describe los principales aspectos de la ecología química de los escarabajos ambrosiales xyleborinos que son plagas invasoras de diversos árboles de interés económico y vectores de hongos fitopatógenos; el Capítulo 13 ofrece una detallada explicación de los métodos de electrofisiología aplicados al estudio de semioquímicos en insectos; y finalmente, el Capítulo 14 describe el complejo sistema químico de comunicación intra e interespecífica (por medio de feromonas) de los escarabajos rodadores de estiércol de la subfamilia Scarabaeinae.

## Agradecimientos

*Estamos sumamente agradecidos con todos los autores de los capítulos de este libro por su apoyo entusiasta en la participación del mismo y por su valioso trabajo para hacerlo realidad. Asimismo, a todos ellos les agradecemos enormemente su confianza y paciencia por el retraso involuntario de la publicación del libro.*

*Deseamos agradecer el apoyo que recibimos del Dr. César A. Domínguez Pérez-Tejada, director del Instituto de Ecología de la UNAM (2008-2016), y especialmente el apoyo económico de la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM a través del Dr. Carlos Arámburo de la Hoz, quien fue Coordinador de la Investigación Científica (2007-2015), por cubrir el costo de la publicación del presente libro.*

*Nuestro amplio agradecimiento a la ilustradora científica Elvia Esparza Alvarado, del Instituto de Biología de la UNAM, la principal ilustradora científica en México, por la donación de una copia de la ilustración que adorna la portada de este libro.*

*Nuestro sincero agradecimiento a la Dra. Alma Rosa González-Esquinca, al Dr. Javier Plasencia de la Parra, al Dr. Julio C. Rojas, al Dr. Jorge E. Macías Sámano, a la Dra. Ofelia Espejo González, a la Dra. Rocío Cruz Ortega y a la M. en C. Aurora Saucedo García, por su valiosa ayuda en la revisión de varios textos. También agradecemos el apoyo de la Q.A. Blanca Estela Hernández Bautista, durante diversas etapas del proyecto del libro.*

*Ana Luisa Anaya agradece profundamente a su familia, particularmente a su hija Ana Sofía Ibarra Anaya, por su apoyo, su comprensión y paciencia durante el trabajo de preparación de este libro.*

*Ana Luisa Anaya,  
Francisco J. Espinosa-García,  
Manuel J. Reigosa Roger*

*Ecología Química y Alelopatía: avances y perspectivas*  
se terminó de imprimir en 2016  
el tiraje consta de 1 000 ejemplares